

厚生労働科学研究費補助金
医療安全・医療技術評価総合研究事業

ユビキタスコンピューティングシステムを用いた
へき地医療体制の充実に関する研究

平成 18 年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 田村俊世
国立大学法人千葉大学工学部 教授
分担研究者 南部雅幸
大阪電気通信大学医療福祉工学部 助教授

平成 19(2007)年 3 月

目 次

I. 総括研究報告書	
ユビキタスコンピューティングシステムを用いた へき地医療体制の充実に関する研究 田村俊世	5
II. 分担研究報告	
1. 小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 身体活動計測 田村 俊世 (資料)小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 (資料)Easily Installable Sensor Unit based on Measuring Radio Wave Leakage from Home Appliances for Behavioral Monitoring	11
2. ユビキタスコンピューティングシステムを用いた へき地医療体制の充実に関する研究 南部 雅幸 (資料)ユビキタスコンピューティングシステムを用いた へき地医療体制の充実に関する研究	29
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	35
IV. 研究成果の刊行物・別刷	39

I. 総括研究報告書

ユビキタスコンピューティングシステムを用いた
へき地医療体制の充実に関する研究

主任 田村 俊世 千葉大学工学部教授

研究要旨 へき地医療の拡充を目的として、居宅に容易に導入可能な無侵襲モニタリングシステムを構築した。実験により、屋内活動が客観的かつリアルタイムに把握できることが確認された。へき地においても利用可能地域の拡大が進んでいる携帯電話を活用した情報提供・入力システムについて、その操作性を向上させた。

分担研究者

田村 俊世 千葉大学工学部教授

南部 雅幸 大阪電気通信大学助教授

A. 研究目的

これまでへき地医療体制の拡充のため様々な技術が研究開発されてきたが、現状では医療従事者が不在となった小さな町の診療所と近隣の大学病院などを結ぶ遠隔診断システムや緊急時の遠隔医療システムなど、非常に大掛かりなものが中心となっており、未だへき地の医療体制が充実したとは言い難い。特に過疎地域では居宅から地域医療拠点までも遠いことが多く、真の意味でのへき地医療体制の充実のためには在宅で様々な医療ケアが受けられることが望ましい。

一方、近年のユビキタスネットワーク技術の浸透により、へき地においても携帯電話等の無線ネットワークが利用でき、また全戸に光ファイバ網が張り巡らされるなど、情報格差は解消されつつある。これを利用してテレビ電話技術を用いた遠隔診断支援システムの開発も行わ

れており、今後の展開が期待されている。しかし昨今の医療従事者不足と今後その増加の見通しが立っていないこと、さらに過疎地域は今後もより広範囲に広がっていくことも合わせると、これが最適であるとは言い難い。必要な時に必要な場所へ即座に導入でき、また本当に必要な時以外は医療従事者へ負担をかけないシステムを開発することが必要である。

このことを背景に、昨年度まで必要な時に容易に導入可能なセンサシステムとして、電界強度計を応用した家電モニタの開発を行った。また、身体活動を継続的に計測する方法として、加速度計を内蔵したセンサユニットを対象者が持ち歩くシステムの開発を行った。さらに対象者のその時々の状態を的確に把握するシステムとして、携帯電話を用いて各種モニタリングデータを簡便に表示しつつ、利用者の現状を簡単に入力できるシステムの開発を行った。

本年度は容易に導入可能で、屋内活動を無侵襲に計測する無線センサシステムについて、屋内行動を直接取得する方法について検討を行う。さらに加速度計を用いた身体活動計測シ

テムについても、得られるデータとエネルギー消費量との関係を明確にするとともに、その有効性の検討を行う。携帯電話を活用した情報提示・収集システムに関しても、ユーザインターフェイスの改善を行うとともに、近年の携帯電話に Bluetooth の無線通信機能が付与されつつあることを活用する方法について検討を行う。

B. 研究方法

1. 小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 —身体活動計測— (田村)

導入が容易なシステムを実現するため、UC Berkeley で開発された無線ネットワークシステム MOTE を用いたセンサシステムを開発した。MOTE は非常に小さく軽いモジュールで、外部にセンサを取り付ければ粘着テープ等で屋内の壁や天井等に張り付けるだけでセンサシステムが構築できるなど、導入容易性が非常に高いといった特徴をもつ。センサデータは無線によりサーバへ伝送するが、サーバと直接通信ができないノードは他のセンサノードを中継することでデータを伝送する機能もっている。居住者の屋内行動を直接評価する方法として、焦電型赤外線センサを適用した。また、加速度計による身体活動記録については、計測データを MOTE を介してリアルタイムに伝送する装置を製作し、さらに酸素消費量との関係について調査を行った。電界強度計による家電モニタについては、適用可能な家電について調査を行った。

2. ユビキタスコンピューティングシステムを用いたへき地医療体制の充実に関する研究 (南部)

本年度はより実用化を考慮したシステムの構築を行った。携帯電話を用いた遠隔医療システムを開発し、携帯電話のインターフェイス利用を前提とした医療データベースシステムを

構築した。また、携帯電話の画面の小ささ等を考慮した情報提示・入力法の開発を行った。具体的には6項目のアイコンからなるインターフェイス画面を作成し、様々なデータをアニメーション等でわかりやすく提示する。また、単一の操作方法で健康状態等を入力するシステムも開発した。さらに、近年の携帯電話に Bluetooth による無線通信機能が搭載されていることに注目し、Bluetooth 生体電極モジュールの開発を行い、携帯電話ネットワークを介して日常的に生体データを取得する方法について検討を行った。

(倫理面への配慮)

臨床における機器の評価・実験に関しては、その安全性について十分検討を行った。また、実施機関の倫理委員会による承認を得た後、被験者およびその家族に対し、実験内容と意義および生じうる危険性について書面ならびに口頭で十分に説明を行い、書面にて同意を取った。情報通信機器を用いた生体情報伝達を実施する際には、セキュリティ対策を十分に行い、プライバシーの保護を最優先とした。また、学会等でデータを発表する際には、個人が特定されないように配慮した。

C. 研究結果

1. 身体活動計測

MOTE を用いた無線センサネットワークは特段の問題なく稼働し、屋内各所に貼り付けた焦電型赤外線センサその他のデータを収集することが可能であった。加速度計による身体活動計測については、トレッドミル歩行時の加速度計測値(カウント値)と酸素摂取量すなわちエネルギー消費量との間に高い相関がみられ、さらにデスクワーク中のものも回帰直線上に一致した。家電製品の稼働状況をモニタリングするセンサ(家電モニタ)については、電子レンジをはじめとした炊飯器や電子ポットなど、飲食に関連する機器はもちろんのこと、テレビや洗

濯機、掃除機、そして加湿器など、日常で利用されるであろう大半の機器に適用可能であることが確認された。

2. 携帯電話を利用したシステム

システムのユーザインターフェースの改善を行った結果、高齢者が利用した場合のアクセス時間は 50%以上短縮された。また、従来のシステムでは全く利用できない高齢者が、本システムにより利用できるようになったなど、ユーザビリティの向上が確認された。また、Bluetooth 無線通信機能を内蔵した生体電極のプロトタイプを開発した結果、従来の生体電極と同程度の情報が無線を介して得られることが確認された。

D. 考察

加速度計により身体活動を計測する方法について、そのカウント値と酸素摂取量との間に高い相関がみられたことから、その有用性が確認された。また MOTE の無線センサネットワークを用い、カウント値をリアルタイムで伝送・記録、そして処理することにより、何らかの異変を速やかに検知できる可能性も示唆された。単身高齢者の転倒はその後廃用症候群を招く恐れもあることから速やかで適切な処置が必要であり、ここでも本システムは有用であると考えられる。

家電モニタは飲食関連機器をはじめとした生活家電全般に適用可能であることが確認された。これにより、生活リズム等は無襲侵に把握できる可能性が示された。生活リズム等は先に述べた加速度計からも推定可能であると考えられるが、加速度のカウント値と動作内容の意味付けにも本モニタは有用であると考えられる。さらに、対象者が加速度計をつけ忘れたときにも、得られるデータ密度は大幅に低下するが、継続的にデータが得られる可能性もある。

携帯電話を利用したシステムでは、高齢者向けに新たにユーザインターフェースを構築し、操作性が簡便になったことで、利用者自身も計測データを確認でき、さらに自分の健康状態に疑問をもったときには客観的なデータを自分で見ることができるシステムが構築された。利用者は自分の目で見たデータをもとに医療相談を行える可能性がある。また Bluetooth 無線通信機能を内蔵した生体電極を開発したことで、携帯電話と電極のみで生体情報をリアルタイムに取得できる可能性が示唆された。このセンサシステムとすでに構築したデータ記録システムならびに今回開発したユーザインターフェースとを組み合わせることで、利用者のみならず医療従事者も利用者の心電図等をリアルタイムで確認することができ、特に何らかの緊急時に遠隔地から現場へ向かう途中にも現状が的確に把握できると、その後の処置の準備ならびに手配を円滑にすすめることができ、より迅速な医療対応を行える可能性がある。

E. 結論

へき地医療用情報システムの一部として開発した、在宅行動モニタリングシステムについてその実用性の評価を行った。その結果、加速度計そして家電モニタを組み合わせることで屋内活動をリアルタイムにまた的確に把握可能であることが示唆された。このシステムを発展させることにより、たとえば生活リズムが乱れてきた場合や、急激な変動があったときには、ヘルパー等による電話相談や、緊急時の医療対応も可能になると考えられる。また、携帯電話を用いたデータ収集システムにより、身体活動のアクティビティと利用者の主観的な健康記録とを対応させることが可能となり、効果的な日常のケアが可能となることが示唆された。本研究で開発したシステムは居宅に必要なときに即座に導入できる特徴もあることから、何ら

かの急な疾病直後に「みまもり」を目的とした導入にも適しており,居宅から医療機関までの距離が遠く,またヘルパー等が頻繁に訪れることが難しいへき地においても,住み慣れた居宅で生活しながら必要な医療ケアを提供できる可能性が示された。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 論文発表

1. Ichinoseki-Sekine N, Kuwae Y, Higashi Y, Fujimoto T, Sekine M, Tamura T. Improving the accuracy of pedometer used by the elderly with the FFT algorithm. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006 Sep;38(9):1674-81.
2. Nakajima K, Nambu M, Kiryu T, Tamura T, Sasaki K. Low-Cost, email-based system for self blood pressure monitoring at home. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2006 12;203-207.
3. Tamura T. A Smart House for Emergencies in the Elderly. *Assistive Technology Research Series 19: SMART HOMES AND BEYOND*. 2006:7-11.
4. Tsukamoto S, Hoshino H, Akabane Y, Kameda N, Hoshino H, Tamura T. Easily Installable Sensor Unit Based on Measuring Radio Wave Leakage from Home Appliances for Behavioural Monitoring. *Assistive Technology Research Series 19: SMART HOMES AND BEYOND*. 2006:212-219.
5. Kameda N, Akabane Y, Naganokawa H, Tsukamoto S, Tamura T, Hoshino H. Proposal of Wireless Behavioral Monitoring System with Electric Field Sensor, *Proc. of 28th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*:6261-6264 (CD-ROM).

2. 学会発表

1. 関根正樹, 木内尚子, 前田祐佳, 田村俊世, 桑江 豊, 東 祐二, 藤元登四郎, 大島秀武, 志賀

利一. 高齢者の歩容に対応した歩数計の開発—カウントアルゴリズムの検討—. 生体・生理工学シンポジウム 2006. 2006/11;鹿児島:3A1-3.

2. 塚本壮輔, 亀田倫之, 町田雄一郎, 田村俊世, 星野 洋. 電界強度計による電化製品稼動状況モニタリングシステム. *SICE Symposium on Systems and Information 2006*. 2006/11;東京:21-26.
3. 南部雅幸, 田村俊世. Bluetoothを用いた生体情報モニタリングシステム. *SICE Symposium on Systems and Information 2006*. 2006/11;東京:35-38.
4. 塚本壮輔, 町田雄一郎, 亀田倫之, 星野洋, 田村俊世. 電界強度計を応用した家電モニタのフィードバック法の一考案. 日本生体医工学会専門別研究会「在宅医療とME技術」研究会. 2007/03; 神戸: 5
5. 河田隆弘, 関根正樹, 田村俊世. 小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 —身体活動計測—. 日本生体医工学会専門別研究会「在宅医療とME技術」研究会. 2007/03; 神戸: 6
6. 南部雅幸, 田村俊世. Bluetoothを用いた生体情報モニタ. 日本生体医工学会「在宅医療とME技術」研究会, 2007/03; 神戸:9.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許 なし
2. 実用新案登録 なし

II. 分担研究報告

厚生労働科学研究費補助金（医療安全・医療技術評価総合研究事業）
分担研究報告書

小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 身体活動計測

分担研究者 田村俊世 千葉大学工学部教授

研究要旨 へき地における独居高齢者が急に疾病を患うなどといった緊急時にも、その住居に容易にかつ即座に導入可能で、また不要となったときには容易に撤去することが可能な身体活動モニタリングシステムの開発を目的に研究を行った。無線ネットワークシステムの構築に MOTE を用い、屋内活動を無侵襲計測する方法として焦電型赤外線センサを取り付けたシステムを開発した。また、身体活動を定量的に記録する方法として加速度計を内蔵したユニットを設計した。実験の結果、開発したシステムによって屋内活動が定量的に把握できることが確認された。

A. 研究目的

近年の高齢人口の増加と高齢者医療費の増加を背景に社会保険等による医療費支出の削減は極めて重要な課題となっており、そのため予防医学技術の開発と普及が急務となっている。また、何らかの障害を持った多くの人々についても自動化された在宅健康モニタリングシステムの補助によって自立した生活を行える可能性がある。自宅で自立した生活を営むことは QOL に対しても非常に重要なことである。

以上を背景として、これまで様々なセンサ技術を活用した無侵襲行動モニタリングシステムが開発されてきた。しかし過去に考案されたシステムはマグネットスイッチ等をはじめとする多数の物理センサで構成されているにも関わらず、それらのセンサが精細な位置決めを必要とすることから、大抵のシステムは技術者による導入が前提

となっており、またその導入は時間のかかるものとなっていた。しかし、このようなモニタリングシステムは急な疾病をはじめとする緊急時にこそ有用であると考えられ、現実問題としては、そのような状況になったときもしくはその直後にシステムが導入されるべきである。その一方で、例えシステムが何らかの疾病時に有用で、また必要であったとしても、快復したときに被験者自身が使用し続けたいと思わないというアンケート結果も得られている。これは個人の生活を他人が盗み見るのではないかというプライバシーに対する危惧といった問題も含まれている。そのため、そのような健康管理システムは必要な時に容易にまた即座に導入でき、さらにはシステムが不要となったときには容易に撤去できるべきであると考えられる。一方、近年の研究では、高齢者の身体的精神的状況がその行動に表

れ、たとえば何らかの疾病時の生活形態が健康の時のそれとは異なるということが報告されている。また、そのような非日常性が家屋内にある家電製品の使用状況から推測できるという報告もなされている。

そこで本研究では必要な時に容易に導入でき、また不要になったときにも容易に撤去できるモニタリングシステムの開発を目的とした。

B. 研究方法

・モニタリングシステムの開発

導入が容易なシステムを実現するため、UC Berkeley で開発された無線ネットワークシステムである MOTE (Crossbow Technology) を用いた屋内行動モニタリングシステムの開発を行う。MOTE は隣接する複数の小型無線端末が電波環境を常時自動的に察知し、アドホック・ネットワークを構築する。したがって、遠く離れた場所にあるセンサ出力も、複数リレー中継によりデータを伝送が行える。

屋内での居住者の位置・行動範囲は焦電型赤外線センサ (AMN13112, 検出範囲およそ $2.5 \times 2\text{m}$, 松下電工) を MOTE センサボード (MDA300) に接続し、行動パターン評価ノードとした。さらに、これまでの研究から加速度の単位時間の積分値はエネルギー消費量と高い相関があることが知られているので、身体活動量を人体腰部の 3 軸合成加速度積分値によって定義した。この評価回路を作製、上述のセンサボードに接続し、身体活動量評価ノードとした (図 1)。

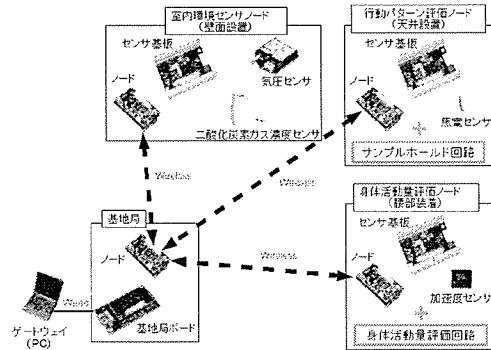


図 1 小電力無線による在宅健康管理システムの概要

・システム評価実験

ここでは各測定部位の精度について述べる。温度、湿度は標準測定器であるアスマン式通風乾湿計による精度確認実験を行った。誤差はそれぞれ温度 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $\pm 3.5\%$ であった。アドホック・ネットワーク構成ならびにマルチホップ・データ転送実験では、直接の無線通信が困難な部屋を跨いだデータ転送において、中継ノードを経由するネットワークが自動的に構築されることを確認した。また、センサシステムの稼働時間については、サンプリング周波数 1Hz でデータを収集・無線データ伝送を行った焦電型センサ部で 100 時間連続稼働することが確認された。

試作した身体活動量評価部の評価を酸素摂取量と比較した結果を図 2 に示す。トレッドミルを用い、歩行速度を $3 \sim 7\text{ km/hr}$ と変化させたときの酸素摂取量と身体活動度カウント数に高い相関が見られた。また、簡単なデスクワークのカウント数もほぼ回帰直線上に一致した。しかしながら、坂道歩行についてはトレッドミル歩行と異なった傾向を示した。

これまで開発した電界強度計を応用した

家電製品の稼働状況をモニタリングするセンサ（家電モニタ）について、その適用可能範囲の調査を行った。その結果、電子レンジをはじめ炊飯器や電子ポットなど飲食に関連する機器はもちろんのこと、テレビや洗濯機、掃除機、そして加湿器など、日常で使用されるであろう大半の機器に適用可能であることが確認された。

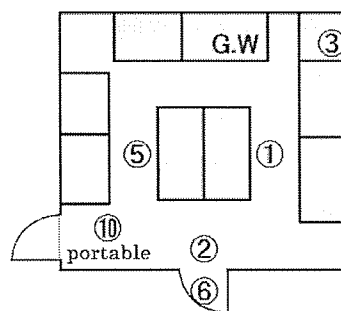


図3 モニタールームとセンサノード配置

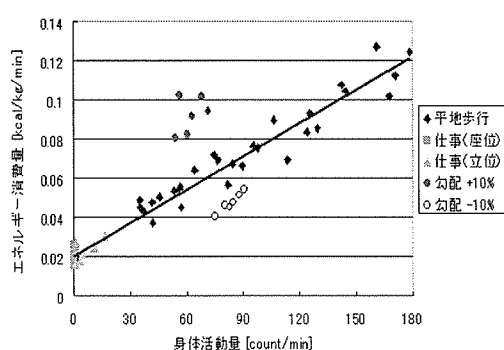


図2 酸素摂取量と身体活動量カウント数の関係

・モニタリング実験

評価実験は広さ 36 m²の部屋で5時間にわたって行った(図3)。ノード番号③は屋内環境評価ノードとして壁面に、①②⑤⑥は行動パターン評価ノードとして天井にそれぞれ設置し、室内環境モニタリングのための無線ネットワークを構築した。室内には5人の被験者が在室しており、被験者1人の腰部には身体活動量評価ノードを装着させて室内外を自由に移動してもらった。また家電モニタについても評価を行い、ここではテレビ、電子レンジ、電子ポットそしてパソコンに対してセンサを設置し、モニタリングを行った。なお、被験者には十分な説明の上、承諾を得て実験を行なった。

C. 研究結果

各種計測結果の一部をグラフ化したものを図4に示す。上から各焦電センサ(①②⑥)の反応、そして身体活動である。横軸はそれぞれ1日の時間を表している。ここで、5人の被験者は同一の場所にいたため、①と⑤はほぼ同じ反応を示した。身体活動量は最大カウントを4096としてため1回リセットされている。これについては、2時点の並んだデータを逐次比較し、後者の値が前者の値より大幅に低い場合、後者の値に4096を加算することによって、その時点の正確なカウント値を得ることができる(位相接続)。このとき5時間の身体活動量の総計は5350 countであった。家電モニタの評価実験においては、各機器の使用状況が定量的に記録されることが確認された。

D. 考察

カウント値からエネルギー消費量を推定すると、約540 kcalとなった。グラフにおいても特に急激な上昇はみられないことから、この被験者は終始デスクワーク程度の軽度な活動であったことが推測される。これらの結果により、システムは問題なく稼働し、被験者の身体活動量ならびに被験者の室内外の身体活動が定量的に連続計測可能であ

ることが確認された。被験者に装着した身体活動量評価ノードは、室外から戻った際でも、一切の機器操作なしに無意識で無線による自動計測が実現された。また、屋内での活動については家電モニタの統計データを統合することによっても推測できることが示唆された。

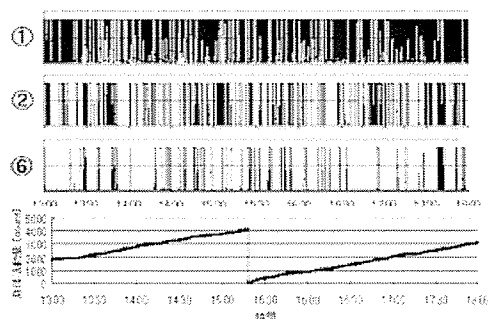


図4 焦電型センサと身体活動量カウント数

E. 結論

今回の実験では、無線センサネットワークにより室内環境ならびに居住者の位置・身体活動量が計測可能であった。障害物が多く、また電波環境が大きく変化しやすい室内での評価実験を試み、その有効性が確認できた。また、装置に関しては本システムを屋内に設置するだけで自動的にマルチホップ・ネットワークが構築できるため、容易に生体情報の計測が可能であると実証された。さらに屋内活動については、家電モニタを活用することで対象者がセンサを身につけることなく評価可能であることが示唆された。

F. 研究発表

1. 論文発表

1. Ichinoseki-Sekine N, Kuwae Y, Higashi Y, Fujimoto T, Sekine M, Tamura T. Improving the

accuracy of pedometer used by the elderly with the FFT algorithm. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2006 Sep;38(9):1674-81.

2. Nakajima K, Nambu M, Kiryu T, Tamura T, Sasaki K. Low-Cost, email-based system for self blood pressure monitoring at home. *Journal of Telemedicine and Telecare*. 2006 12;203-207.

3. Tamura T. A Smart House for Emergencies in the Elderly. *Assistive Technology Research Series 19: SMART HOMES AND BEYOND*. 2006:7-11.

4. Tsukamoto S, Akabane Y, Kameda N, Hoshino H, Tamura T. Easily Installable Sensor Unit Based on Measuring Radio Wave Lealage from Home Appliances for Behavioural Monitoring. *Assistive Technology Research Series 19: SMART HOMES AND BEYOND*. 2006:212-219.

5. Kameda N, Akabane Y, Naganokawa H, Tsukamoto S, Tamura T, Hoshino H. Proposal of Wireless Behavioral Monitoring System with Electric Field Sensor, *Proc. of 28th Annual International Conference of IEEE Engineering in Medicine and Biology Society:6261-6264 (CD-ROM)*.

2. 学会発表

1. 関根正樹, 木内尚子, 前田祐佳, 田村俊世, 桑江 豊, 東 祐二, 藤元登四郎, 大島秀武, 志賀利一. 高齢者の歩容に対応した歩数計の開発—カウントアルゴリズムの検討—. *生体・生理工学シンポジウム 2006*. 2006/11;鹿児島:3A1-3.

2. 塚本壮輔, 亀田倫之, 町田雄一郎, 田村俊世, 星野 洋. 電界強度計による電化製品稼動状況モニタリングシステム. *SICE Symposium on Systems and Information 2006*.

2006/11;東京:21-26.

3. 南部雅幸, 田村俊世. Bluetooth を用いた生体情報モニタリングシステム. SICE Symposium on Systems and Information 2006. 2006/11;東京:35-38.

4. 塚本壮輔, 町田雄一郎, 亀田倫之, 星野洋, 田村俊世. 電界強度計を応用した家電モニタのフィードバック法の一考案. 日本生体医工学会専門別研究会「在宅医療と ME 技術」研究会. 2007/03; 神戸: 5

5. 河田隆弘, 関根正樹, 田村俊世. 小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測—身体活動計測—. 日本生体医工学会専門別研究会「在宅医療と ME 技術」研究会. 2007/03; 神戸: 6

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし

小電力無線を用いた在宅健康管理のための行動計測 身体活動量

— Development of Home Health Care System for Monitoring —

河田 隆弘 関根正樹 田村俊世
千葉大学大学院自然科学研究科、千葉大学工学部

目次

- 背景と研究目的
- 研究方法
 - 装置の構築
 - 評価実験
- モニタリング実験

Chiba University

研究背景 — 高齢化の現状と予防医学 —

我が国の高齢者人口は2,560万人（総人口に占める割合20%）
総務庁 平成18年度 高齢社会白書

独居高齢者	373万世帯
高齢夫婦	525万世帯

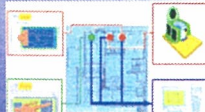
健康を維持するためには疾患を予防することが重要

生活環境・活動状況の把握 } 有用な予防医学の機会
その変化を検知

Chiba University

関連研究と研究目的


◎健康自動計測システム



[Tamura, 1998]

- 装置が大掛かりである
- 設置に時間がかかる
- 通信ケーブルは生活環境の障害

◎行動計測システム



[佐川, 1998]

- データロガーによるオフライン解析
- 長期間用途に不適

研究目的

簡便かつ設置が容易な在宅健康管理システムの開発

無線通信を用いたオンライン・モニタリングの可能性

Chiba University

研究方法

- 無線通信の構築
- 室内環境
- 身体活動量
- モニタリング実験
長時間のモニタリング実験

Chiba University

提案するシステム

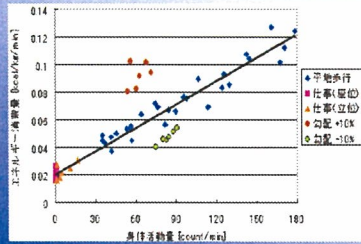
- > 無線通信 ... センサノードは電池駆動であるため、通信インフラに関係なくネットワークを自由に構築可能
- > アドホック・ネットワーク ... ノード同士が互いに通信し、マルチホップ・ネットワークを構築



無線センサネットワーク
「MOTE」を採用

Chiba University

身体活動量評価実験



安静、平地歩行時において

非常に高い正の相関
(相関係数 $r = 0.98$)

身体活動量から
エネルギー消費量を推定

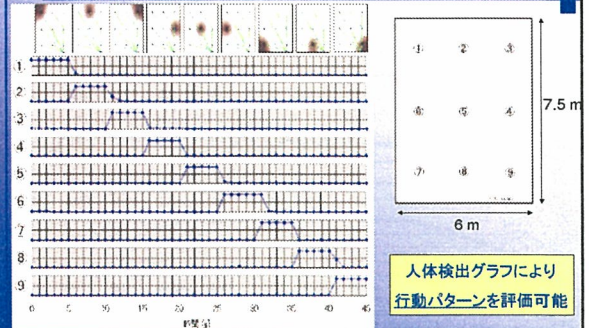
エネルギー消費量推定式

$$EE = 5.7 \times 10^{-4} I_{ac} + 0.02$$

[EE : エネルギー消費量 [$kcal / kg / min$]
[I_{ac} : 身体活動量 [$count / min$]

Chiba University

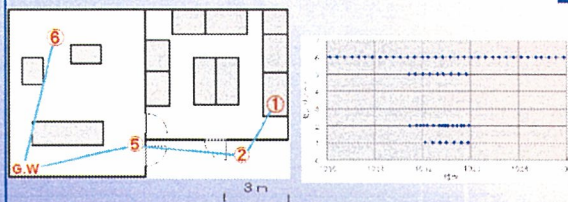
行動パターン評価実験



人体検出グラフにより
行動パターンを評価可能

Chiba University

アドホック・マルチホップ通信実験

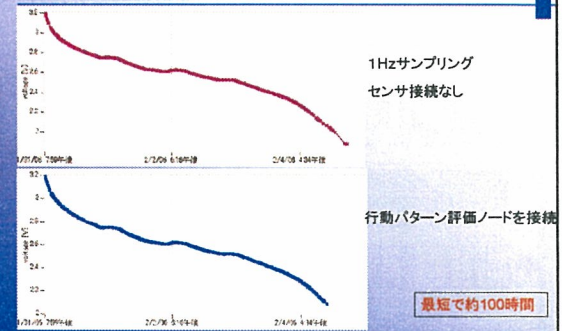


部屋を跨いだ通信実験に成功

無線ネットワークシステムの有用性

Chiba University

システム稼働時間の検証



最短で約100時間

Chiba University

モニタリング実験

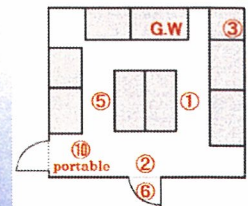
室内環境・身体活動の計測

2006年10月27日 快晴 13時~18時

実験に同意を得た6名の被験者が在室
日常生活行動のモニタリング

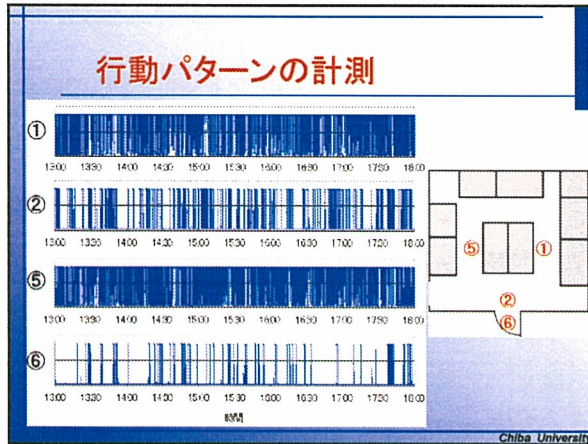
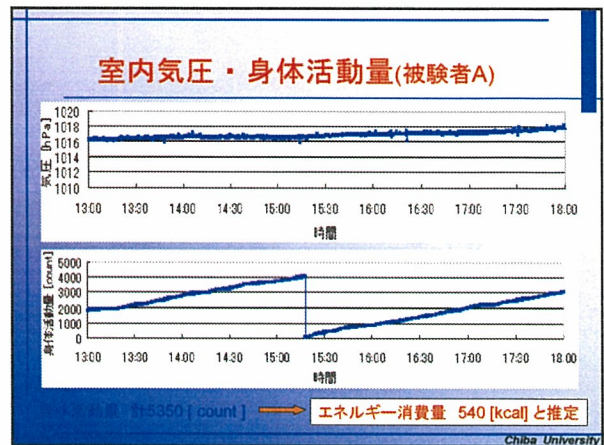
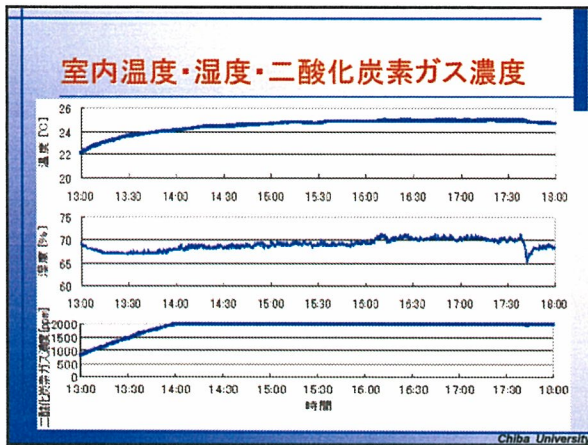
モニタ項目

温度、湿度、二酸化炭素ガス濃度
気圧、行動パターン、身体活動量



- ①, ②, ⑤, ⑥ ... 行動パターン評価ノード (天井に設置)
- ③ ... 室内環境センサノード (壁面に設置)
- ⑩ ... 身体活動量評価ノード (被験者Aの人体腰部に装着)

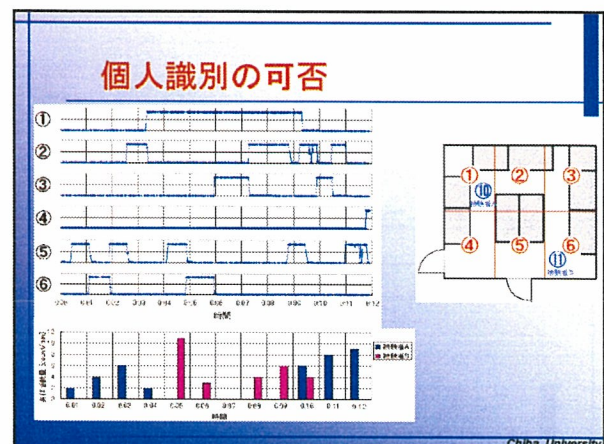
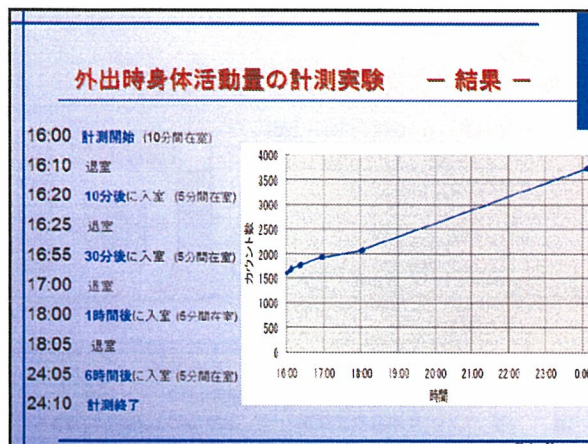
Chiba University



モニタリング実験 (発展)

- 外出時身体活動量の計測実験
 - 外出を想定し通信実験
 - 6時間以内における外出中の身体活動量を計測
 - 再入室とともに計測データを自動取得可能
- 個人識別の推定実験
 - 2人が在室する状況においてモニタ実験
 - 身体活動量と人体検出データから個人識別の可能性を検証
 - 身体活動量は識別可能
 - 行動パターンは識別の可能性が示唆された

Chiba University



個人識別の可否 考察

身体活動量の評価

- 身体活動量評価ノードを装着しているため、ノードIDから個人識別は容易

行動パターンの評価

- 検出した位置が常に互いに離れている場合、識別可
 - 一方が退室した場合、識別可
 - 検出した位置が互いに隣接する領域である場合、識別不可
(ただし、一方が静止状態であれば識別可)
- また、一方の退室後に推定することも可能

検討

有線通信に対する無線通信のメリット・デメリット

メリット	デメリット
通信ケーブル不要	電力制限(電池)
ノードの設置・追加・削除が容易	データ欠損
移動体のセンシング	セキュリティ

電波環境が変化しやすい室内での評価実験においてもシステムは問題なく稼動し、連続的に自動計測可能であった

無線通信による生体情報計測の可能性

まとめ

- 無線センサネットワークにより、屋内環境、居住者の位置・身体活動量がオンライン計測可能
- 既存の家屋に容易に設置できる簡便なシステムを構築
- 機器操作を一切必要としない、自動計測が可能
- 家族や医療従事者による健康管理・緊急時対応など高齢者の遠隔モニタに活かせる

本研究の一環として、平成17年度厚生科学研実費(16-研健-30)ならびに長寿医療振興費(15公-4)による

Easily Installable Sensor Unit based on Measuring Radio Wave Leakage from Home Appliances for Behavioural Monitoring

Sosuke TSUKAMOTO, Yoshinori AKABANE, Noriyuki KAMEDA
Hiroshi HOSHINO and Toshiyo TAMURA*

Tokyo Denki University, Japan
* Chiba University, Japan

Background

- Behavioural information has been shown to be effective for maintaining and improving the QOL.
- Most behavioural monitoring systems are installed when a house is newly built or reconstructed.
- For the elderly who live alone, we sometimes need to install such systems in their houses in case of sudden illness or emergencies.
- **Such a system should be easy to install and remove.**



Method

Ad hoc wireless system \updownarrow Electric field strength meter

- Wiring is not required
- Installation time can be shortened
- Detects usage of appliances
- Usable by simply attaching it to an appliance

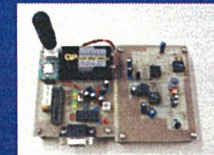
Method of data transmission Sensor technology

Engineering expertise is not necessary to install the system

Wireless sensor module



Block diagram of the sensor unit



Prototype module (with sensor circuit)

Specification of the sensor unit

Item	Specification
Microprocessor	PIC16F876 (Microchip Technology, Inc.)
Processor Clock	10 MHz
Radio Module	CDC-TR02B (Design Circuit, Inc.)
Radio Frequency	315 MHz
Radio Antenna	RH3 (125/90 MHz, Panasonic)
Modulation	Amplitude Shift Keying
Transfer Rate	115.2 kbps
Unit Weight	~350 g (casing excluded)
Size (mm)	150 × 100 × 40 mm (casing excluded)

Data transmission / relay (simple type)

Packet structure

Start Flag (0xAA)	Unit ID (1 byte)	Sequence Number (1 byte)	DATA (1 byte)	Checksum (1 byte)
-------------------	------------------	--------------------------	---------------	-------------------

Simple handshake / relay protocol

Sensor unit (sender)	Samples output of sensor circuit at a sampling frequency of 0.1Hz, and transmits the data by radio. Until receiving acknowledge (ACK) packet from DST, sender unit will retransmit the packet (retransmission is limited to 20 times).
Data Storage Terminal (DST)	After receiving a data packet, DST stores the data and transmit ACK packet.
Sensor unit (others)	If a packet that not relayed before was received, other unit will relay the packet.

